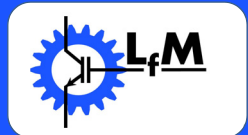




Dr.-Ing. Marco Denk

„In-Situ-Zustandsüberwachung von IGBT-Leistungshalbleitern mittels Echtzeit-Sperrschichttemperaturmessung“

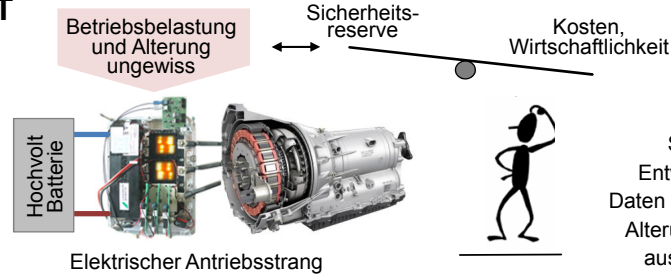
Promotionsprüfung am 08.04.2016



MOTIVATION DIESER ARBEIT

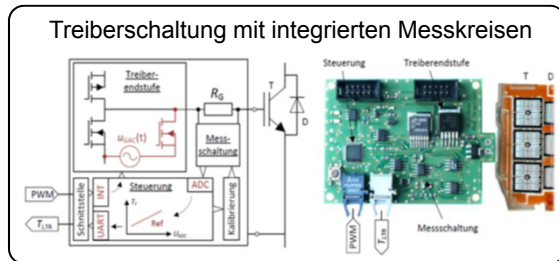
Leistungshalbleitermodule nehmen im Antriebsstrang in Bezug auf Funktionalität, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit eine zentrale Stellung ein.

Charakteristisch ist deren Betrieb über lange Zeiträume unter rauen und häufig schwer einzuschätzenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen.



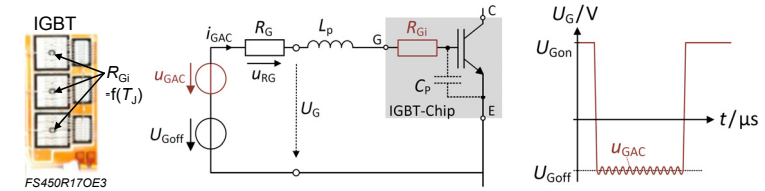
Der Spagat zwischen Wirtschaftlichkeit und Sicherheitsreserve fällt Entwicklern schwer, weil genaue Daten über die Betriebsbelastung und Alterung von Leistungshalbleitern aus dem Feld fehlen.

LÖSUNGSANSATZ, REALISIERUNG UND VERIFIKATION

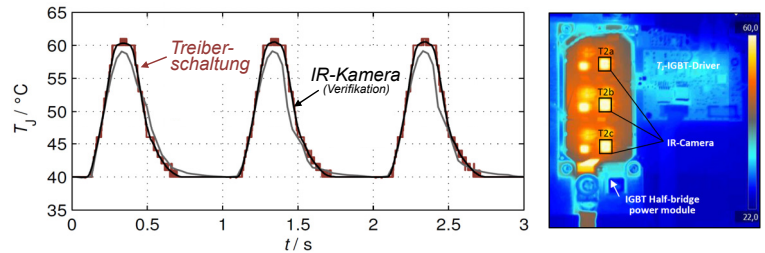


Echtzeitmessung der Sperrschichttemperatur:

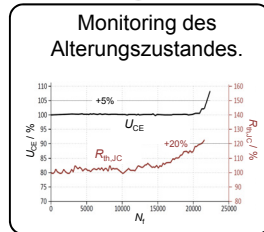
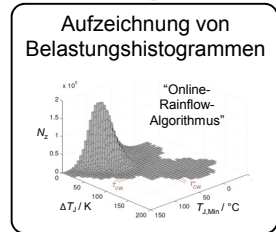
- Interner Gatewiderstand R_{Gi} wird als Temperatursensor verwendet.
- Temperaturmessung während des regulären Wechselrichtbetriebes:
 → Der Gatespannung U_{Goff} wird das Identifikationssignal u_{GAC} überlagert.
 → Als Systemantwort wird der Spannungsabfall u_{RG} über R_G gemessen.



- Erprobung des Messverfahrens im Wechselrichter mit $f_{el} = 1 \text{ Hz}$ und $I_{AC} = 200 \text{ A}$.
- Verifikation durch Messung mit IR-Kamera und geschwärzten Leistungsmodulen.



- Temperatur- und Zeitauflösung von 1 K und 2.5 ms über $-40^\circ C \leq T_j \leq 150^\circ C$.
- Messgenauigkeit $\pm 3\%$ nach Einpunkt-Kalibrierung bei Raumtemperatur.



Die Korrelation der Felddaten ermöglichen eine Verifikation etablierter Berechnungsmodelle.

Serientaugliche Lösung zur Echtzeitmessung der Sperrschichttemperatur eines Leistungshalbleiters in seinem Betriebsumfeld.

BEDEUTUNG FÜR DIE ZUKUNFT

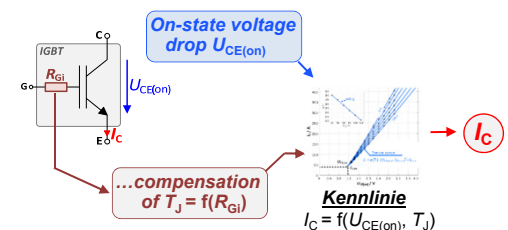
Aktuell werden die in dieser Arbeit betrachteten Leistungshalbleiter aus Silizium zunehmend durch Wide-Bandgap Materialien wie Siliziumkarbid ersetzt.

Aufgrund von höheren Halbleitermaterialkosten, wird es elementar wichtig werden, nur so viel Halbleiterfläche Siliziumkarbid zu verbauen, wie auch wirklich nötig ist.

Schlüssel zum Erfolg ist ein verifizierter Berechnungsansatz, für welchen diese Arbeit den Grundstein legt.



Ausblick: Ansteuerintegrierte Strommessung



Messung des Inverterausgangsstromes auf Treiberlevel.